

# レーザダイオードの戻り光の計測への応用に関する研究

Application of a self fed back laser for displacement measurement of nanometric objects

福田 智史\*・クリストフ ゴーレキ\*・ドミニク ブーション\*  
星 泰雄\*・川 勝 英 樹\*

Satoshi FUKUDA, Christophe GORECKI, Dominique BOUCHON,  
Yasuo HOSHI, Hideki KAWAKATSU

## 1. 背 景

レーザダイオードに、その出射光の  $10^{-5}$  から  $10^{-8}$  程度のわずかな光量を戻すことにより、レーザの発振状態が変化する。これにより、光を戻している反射面の光学的特性や、変位を計測することが可能である。このような研究は 1980 年代より行われており、対象物との距離や速度の測定への応用がなされている<sup>1-3)</sup>。本研究では、わずかな戻り光に対してレーザが反応することを応用して、微小物体の変位計測に適した条件を把握し、数 10 nm から 100 nm 程度の、小さいターゲットの変位を計測することを目的とする。本研究室では、ナノメートルオーダの機械振動子を用いた原子レベルの相互作用や質量の計測を行っている。このレーザ戻り光式変位計測法はその変位検出法の候補の一つである。

## 2. 実 験 装 置

図 1 に実験装置を示す。対象物として、反射型可変 ND フィルターを用いた。外部キャビティは光ファイバ先端と ND フィルターの反射面で構成される。今回の実験では外部キャビティ長は 100  $\mu\text{m}$  程度とした。ND フィルターを piezo 素子を用いて駆動し外部キャビティ長を変動させた。

外部キャビティからの戻り光はレーザを誘導した光ファイバに再入射し、レーザダイオードへと戻される。レーザダイオードの挙動は内蔵のフォトダイオードによって検出される。フォトダイオードの出力はプリアンプで  $10^4 \text{V/A}$  に増幅される。

今回の実験では、レーザは波長 830 nm、最大出力 60 mW、光ファイバは 1330 nm 用シングルモードファイバを用いた。

\*東京大学生産技術研究所 第 2 部

## 3. 変位計測の実験

図 2 に戻り光が存在する状態 (左図) と存在しない状態 (右図) での、レーザダイオードの駆動電流とフォトダイオードからの出力をプロットしたものを示す。戻り光が存在する状態では光量が 15% 程度上昇した。ファイバ先端からの出射光がレーザ出力の 10% であったので、戻り光によりレーザダイオードが影響を受けたものと考えられる。

次にレーザダイオードに接続した光ファイバ端面を対象物に対して位置決めし、端面と対象物の距離の変化に対する光量変化を観察した。その結果、フリッジが観察された。レーザの波長程度に対象物を三角波状に変化させたときの、レーザダイオード内蔵のフォトダイオードの出力を

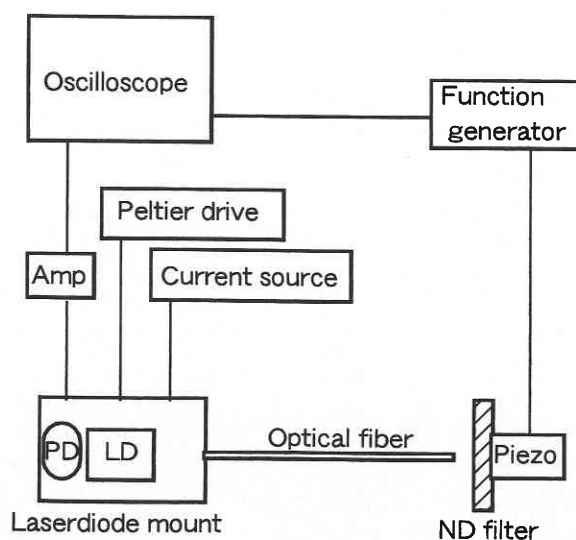


図 1 装置構成

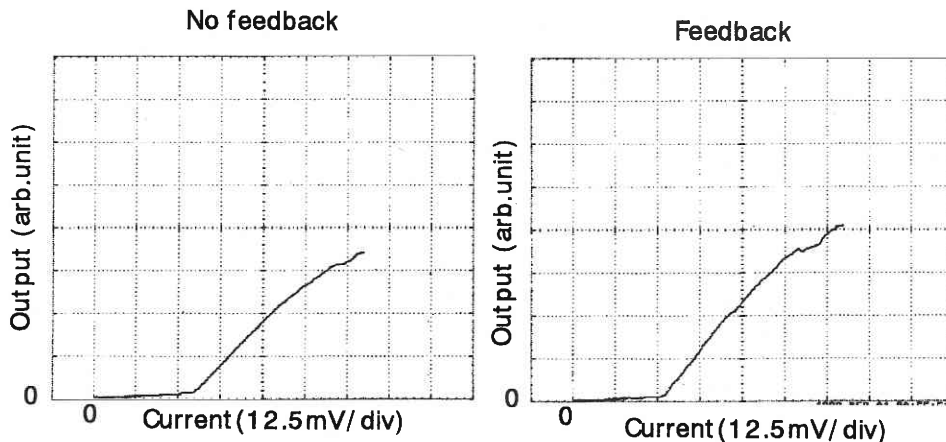


図2 フィードバック光による影響 (左図: 戻り光なし, 右図: 戻り光あり)

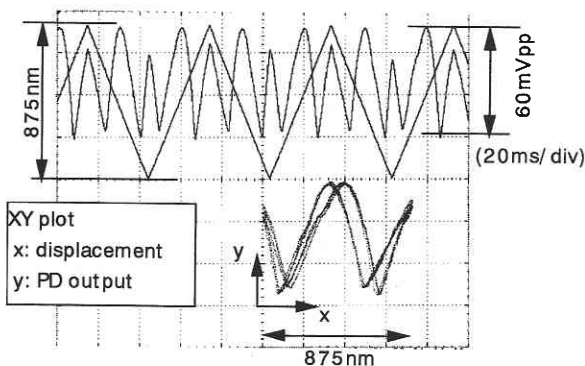


図3 ピエゾ駆動電圧 (三角波) と PD 出力の関係

図3に示す. レーザダイオードは, 閾値電流以上で定電流駆動を行った.

戻り光によってレーザの出力が変動しフィリンジの発生が観察された. フィリンジの周期はレーザの波長の1/2程度であった. このことから外部キャビティーとレーザダイオード自身の内部キャビティーで干渉計が構成されていると思われる.

この様なフィリンジは, 光ファイバ端面が対象物から数100ミクロン離れたところでも観察された. ただし, フィリンジのビジビリティは急速に劣化した.

#### 4. 結 論

実験より, 今回用いたレーザダイオードでは戻り光を与えた場合に実際の戻り光量よりも増幅された状態で出力に変化が見られた. 出力は戻り光がない状態に比べ15%程度上昇した.

また光ファイバと対象物で構成される外部キャビティーがレーザダイオードと干渉計を構成し, 光出力に変動が発生することが確認された. フィリンジの形状が通常の干渉計で見られるような正弦波状のものでないことについては W. M. Wang ら<sup>4)</sup> が計算を行っており, ダイオード内の屈折率の変化によるものであると考えられている.

#### 5. 今後の研究

レーザダイオードの戻り光に対する挙動の理解を深めるとともに, 微小ターゲットの微小変位計測に適した作動条件を明らかにする. また, レーザダイオード駆動電流を調整し, 変位信号のSN比の向上を図る. 具体例としては, 図1に示した実験を, 戻り光量が制御された状態で行い, 光ファイバ戻り光式変位計の, 戻り光量に対する挙動を明らかにする. その結果, 適切な作動条件を把握する. 更に, 微小なターゲットを用いた場合の, 反射量の低下が, 正常に変位計が作動するための範囲に収まるための条件を把握する. 一方, 2×2カプラーを用いた, 従来型のオールファイバ光干渉計との比較を行う.

(1998年12月22日受理)

#### 参 考 文 献

- 1) Dror Sarid, Doug Iams, and Volker Weissenberger, Opt. Lett. Vol. 13, No. 12, 1057 (1988).
- 2) I. Koltchanov, K. Petermann, J. Roths, SPIE Vol. 3098, pp. 325-333.
- 3) Glenn Beheim and Klaus Fritsch, APPLIED OPTICS Vol. 25, No. 9, pp. 1439-1442 (1986).
- 4) W. M. Wang, K. T. V. Grattan, A. W. Palmer, and W. J. O. Boyle, J. Lightwave Technol., Vol. 12, No.9, pp. 1577-1587 (1994).